

ROIPCT/JP03/03004 09 SEP 2004

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

13.03.03

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日

Date of Application:

2002年 3月13日

出 願 番 号

Application Number:

特願2002-069077

[ST.10/C]:

[JP2002-069077]

出 願 人

Applicant(s):

株式会社フジクラ

REC'D 09 MAY 2003

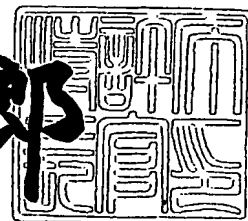
WIPO PCT

PRIORITY DOCUMENT
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH
RULE 17.1(a) OR (b)

2003年 4月22日

特 許 庁 長 官
Commissioner,
Japan Patent Office

太田 信一郎



出証番号 出証特2003-3028868

【書類名】 特許願

【整理番号】 20020047

【提出日】 平成14年 3月13日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 G02B 6/18

【発明の名称】 分散補償光ファイバおよび分散補償光ファイバモジュール

【請求項の数】 10

【発明者】

【住所又は居所】 千葉県佐倉市六崎 1 4 4 0 番地 株式会社フジクラ佐倉事業所内

【氏名】 愛川 和彦

【発明者】

【住所又は居所】 千葉県佐倉市六崎 1 4 4 0 番地 株式会社フジクラ佐倉事業所内

【氏名】 清水 正砂

【発明者】

【住所又は居所】 千葉県佐倉市六崎 1 4 4 0 番地 株式会社フジクラ佐倉事業所内

【氏名】 鈴木 龍次

【発明者】

【住所又は居所】 千葉県佐倉市六崎 1 4 4 0 番地 株式会社フジクラ佐倉事業所内

【氏名】 中山 真一

【発明者】

【住所又は居所】 千葉県佐倉市六崎 1 4 4 0 番地 株式会社フジクラ佐倉事業所内

【氏名】 姫野 邦治

【特許出願人】

【識別番号】 000005186

【氏名又は名称】 株式会社フジクラ

【代理人】

【識別番号】 100064908

【弁理士】

【氏名又は名称】 志賀 正武

【選任した代理人】

【識別番号】 100108578

【弁理士】

【氏名又は名称】 高橋 詔男

【選任した代理人】

【識別番号】 100089037

【弁理士】

【氏名又は名称】 渡邊 隆

【選任した代理人】

【識別番号】 100101465

【弁理士】

【氏名又は名称】 青山 正和

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 008707

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9704943

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 分散補償光ファイバおよび分散補償光ファイバモジュール

【特許請求の範囲】

【請求項1】 コアとその外周上に設けられたクラッドとからなり、
 該コアは少なくともクラッドの屈折率より大きい屈折率を有する中心コア部と、
 この中心コア部の外周に設けられクラッドの屈折率より小さい屈折率を有する中間コア部とを備え、
 クラッドに対する中心コア部の比屈折率差が $+1.6\% \sim +2.6\%$ 、クラッド
 に対する中間コア部の比屈折率差が $-0.30\% \sim -1.4\%$ であり、
 中心コア部半径に対する中間コア部半径の比が $1.5 \sim 3.5$ であり、
 $1.56 \mu\text{m} \sim 1.63 \mu\text{m}$ から選択された少なくとも1つ以上の波長において
 、曲げ直径 20 mm で巻いたときの曲げ損失が 20 dB/m 以下、波長分散が -120 ps/nm/km 以下であり、使用する長さおよび使用する状態でのカットオフ波長が $1.53 \mu\text{m}$ 以下であり、
 クラッド外径が $60 \mu\text{m} \sim 125 \mu\text{m}$ 、被覆外径が $140 \mu\text{m} \sim 240 \mu\text{m}$ であることを特徴とする分散補償光ファイバ。

【請求項2】 コアとその外周上に設けられたクラッドとからなり、
 該コアは少なくともクラッドの屈折率より大きい屈折率を有する中心コア部と、
 この中心コア部の外周に設けられクラッドの屈折率より小さい屈折率を有する中間コア部と、この中間コア部の外周に設けられクラッドの屈折率より大きい屈折率を有するリングコア部を備え、
 クラッドに対する中心コア部の比屈折率差が $+1.6\% \sim +2.6\%$ 、クラッド
 に対する中間コア部の比屈折率差が $-0.30\% \sim -1.4\%$ 、クラッドに対する
 リングコア部の比屈折率差が $+0.30\% \sim +1.0\%$ であり、
 中心コア部半径に対する中間コア部半径の比が $1.5 \sim 3.5$ 、中間コア部半径
 に対するリングコア部半径の比が $1.2 \sim 2.0$ であり、
 $1.56 \mu\text{m} \sim 1.63 \mu\text{m}$ から選択された少なくとも1つ以上の波長において
 、曲げ直径 20 mm で巻いたときの曲げ損失が 20 dB/m 以下、波長分散が -120 ps/nm/km 以下であり、使用する長さおよび使用する状態でのカット

トオフ波長が $1.53\mu\text{m}$ 以下であり、

クラッド外径が $60\mu\text{m}\sim 125\mu\text{m}$ 、被覆外径が $140\mu\text{m}\sim 240\mu\text{m}$ であることを特徴とする分散補償光ファイバ。

【請求項3】 前記クラッドの外周に設けられた1次被覆層のヤング率が 0.15kgf/mm^2 以下であり、この1次被覆層の周上に設けられた2次被覆層のヤング率が 50kgf/mm^2 以上であることを特徴とする請求項1又は2記載の分散補償光ファイバ。

【請求項4】 前記クラッドの外周に設けられた1次被覆層のヤング率が 0.10kgf/mm^2 以下であり、この1次被覆層の周上に設けられた2次被覆層のヤング率が 150kgf/mm^2 以上であることを特徴とする請求項1又は2記載の分散補償光ファイバ。

【請求項5】 前記クラッドの外径が $80\mu\text{m}\sim 100\mu\text{m}$ であり、前記1次被覆層と前記2次被覆層とからなる被覆層の外径が $140\mu\text{m}\sim 200\mu\text{m}$ であることを特徴とする請求項1から4のいずれかに記載の分散補償光ファイバ。

【請求項6】 コアとその外周上に設けられたクラッドとからなり、該コアは少なくともクラッドの屈折率より大きい屈折率を有する中心コア部と、この中心コア部の外周に設けられクラッドの屈折率より小さい屈折率を有する中間コア部とを備え、

クラッドに対する中心コア部の比屈折率差が $+1.8\%\sim +2.4\%$ 、クラッドに対する中間コア部の比屈折率差が $-0.35\%\sim -0.75\%$ であり、

中心コア部半径に対する中間コア部半径の比が $2.0\sim 3.0$ であり、

$1.56\mu\text{m}\sim 1.63\mu\text{m}$ から選択された少なくとも1つ以上の波長において、曲げ直径 20mm で巻いたときの曲げ損失が 20dB/m 以下、波長分散が -140ps/nm/km 以下であり、使用する長さおよび使用する状態でのカットオフ波長が $1.53\mu\text{m}$ 以下であり、

クラッド外径が $80\mu\text{m}\sim 100\mu\text{m}$ 、被覆外径が $140\mu\text{m}\sim 240\mu\text{m}$ であることを特徴とする分散補償光ファイバ。

【請求項7】 コアとその外周上に設けられたクラッドとからなり、該コアは少なくともクラッドの屈折率より大きい屈折率を有する中心コア部と、

この中心コア部の外周に設けられクラッドの屈折率より小さい屈折率を有する中間コア部と、この中間コア部の外周に設けられクラッドの屈折率より大きい屈折率を有するリングコア部とを備え、

クラッドに対する中心コア部の比屈折率差が $+1.8\% \sim +2.4\%$ 、クラッドに対する中間コア部の比屈折率差が $-0.35\% \sim -0.75\%$ 、クラッドに対するリングコア部の比屈折率差が $+0.3\% \sim +0.6\%$ であり、

中心コア部半径に対する中間コア部半径の比が $2.0 \sim 3.0$ 、中間コア部半径に対するリングコア部半径の比が $1.3 \sim 1.7$ であり、

$1.56 \mu\text{m} \sim 1.63 \mu\text{m}$ から選択された少なくとも1つ以上の波長において、曲げ直径 20 mm で巻いたときの曲げ損失が 20 dB/m 以下、波長分散が -140 ps/nm/km 以下であり、使用する長さおよび使用する状態でのカットオフ波長が $1.53 \mu\text{m}$ 以下であり、

クラッド外径が $80 \mu\text{m} \sim 100 \mu\text{m}$ 、被覆外径が $140 \mu\text{m} \sim 240 \mu\text{m}$ であることを特徴とする分散補償光ファイバ。

【請求項8】 偏波分散が $0.3 \text{ ps}/\sqrt{\text{km}}$ 以下であることを特徴とする請求項1から7のいずれかに記載の分散補償光ファイバ。

【請求項9】 偏波分散が $0.2 \text{ ps}/\sqrt{\text{km}}$ 以下であることを特徴とする請求項1から7のいずれかに記載の分散補償光ファイバ。

【請求項10】 請求項1から9のいずれかに記載の分散補償光ファイバが 30 g から 50 g の間の巻き張力で最小胴径 80 mm 以下のリールに巻き込まれて形成されていることを特徴とする分散補償光ファイバモジュール。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、 $1.3 \mu\text{m}$ 帯に零分散波長を有する $1.3 \mu\text{m}$ 帯零分散シングルモード光ファイバ、もしくは $1.55 \mu\text{m}$ 帯で数 ps/nm/km の波長分散を有するノン零分散シフト光ファイバの波長分散を補償する分散補償光ファイバに関し、特に、小型リールに巻き込んでモジュール化しても特性劣化の少ない分散補償光ファイバ及び分散補償光ファイバモジュールに関する。

【0002】

【従来の技術】

一般的に光ファイバ伝送路の伝送距離を長くし、伝送速度を高速化し、波長多重数を増やすと、伝送損失、累積波長分散、偏波分散が問題となる。エルビウム添加光ファイバ増幅器が実用化されたことによって、波長 $1.53\mu\text{m}$ ～ $1.63\mu\text{m}$ 帯では超長距離無再生中継など光増幅器を用いたシステムが既に商用化されている。また、通信容量の増大に伴い、波長多重(Wavelength Division Multiplexing 以下「WDM」と略記する)伝送の開発が急速に進められ、既にいくつかの伝送路では商用化されている。伝送損失は光増幅器で補償することが可能であり、累積波長分散は、分散補償光ファイバ等を用いたモジュールによって補償することが可能である。

ところで、現在、 $1.3\mu\text{m}$ 帯零分散シングルモード光ファイバ網は、世界中に広がっている。この光ファイバ網を用いて $1.55\mu\text{m}$ 帯の伝送を行うと、この $1.55\mu\text{m}$ 帯では、約 $+17\text{ps/nm/km}$ の波長分散が生じる。そのためこの光ファイバを用いて信号を伝送すると、長距離伝送では累積した波長分散の影響で伝送特性が大きく劣化する。また、 $1.3\mu\text{m}$ 帯零分散シングルモード光ファイバよりも $1.55\mu\text{m}$ 帯で波長分散が小さなノン零分散シフト光ファイバも主に長距離伝送路を中心に敷設されているが、同様に伝送路で蓄積した波長分散を補償する必要がある。

【0003】

このような分散補償光ファイバモジュールとしては、例えば、特開平6-11620号公報には、波長 $1.3\mu\text{m}$ 帯に零分散波長を有する標準シングルモード光ファイバの波長分散を $1.55\mu\text{m}$ 帯で補償する -20ps/nm/km 以下の波長分散を有する分散補償光ファイバの技術が開示されている。また、特開平11-95056号公報では、接続損失を低減しながら、分散スロープを低減し、単位長さ当りの波長分散の絶対値を大きくした分散補償光ファイバの技術が開示されている。

また、特開平8-136758号公報には、分散スロープがマイナスで、波長分散を -100ps/nm/km 以下とした分散補償光ファイバの技術が開示されている。

一方、特開平8-54546号公報には、図2のような被覆構造を有する光ファイバにおいて外径が $125\mu\text{m}$ より小さい光ファイバ裸線(クラッド)の周上に、ヤン

グ率 0.1kgf/mm^2 以下の一次被覆層を有し、この一次被覆層の周上にヤング率 150k gf/mm^2 以上の二次被覆層を有する細径光ファイバが示されており、この特開平8-54546号公報の実施例6には $60\mu\text{m}$ クラッド、 $160\mu\text{m}$ 被覆、 -80.0ps/nm/km の細径分散補償光ファイバが開示されている。

【0004】

また、特開平10-115725号公報（又はUSP5,887,104）にも、伝送波長において波長分散を有する光ファイバに接続して、前記波長分散を相殺し、伝送波長における伝送システム全体の波長分散を実質的に零にする、または零に近づけるための分散補償光ファイバであって、石英系ガラスからなるコアと、このコアの外周に形成された、石英系ガラスからなるクラッドと、このクラッドの外周に形成されたプラスチック樹脂からなる被覆層とを具備するとともに $250\mu\text{m}$ より小さい外径を有し、前記被覆層は $20\mu\text{m}$ 以上の厚さを有し、内層とこの内層よりも高いヤング率の外層とを含む少なくとも2層以上の多層構造を有する分散補償光ファイバの技術が開示されており、この特開平10-115727号公報の実施例にはクラッド外径が $60\mu\text{m}\sim 125\mu\text{m}$ 、被覆外径が $110\mu\text{m}\sim 250\mu\text{m}$ 、波長分散が -105ps/nm/km 前後の細径分散補償光ファイバが開示されている。

また、1999年電子情報通信学会総合大会予稿集B-13-4にも、波長分散が $-102\text{ps/nm/km}\sim -110\text{ps/nm/km}$ 、クラッド外径が $90\mu\text{m}\sim 125\mu\text{m}$ 、被覆外径が $150\mu\text{m}\sim 185\mu\text{m}$ の細径分散補償光ファイバを試作し、側圧による損失増加及び強度の点で問題がないことが報告されている。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】

このような分散補償光ファイバは、伝送用光ファイバの $1/5\sim 1/7$ 程度の長さをコイルに巻き込みケースに入れてモジュール化されるが、一つの分散補償光ファイバモジュールで 120km 程度の伝送用光ファイバの累積分散を補償するときは、必要な分散補償光ファイバの長さは 20km 前後であり、非常に長い分散補償光ファイバを巻き込む必要がある。

しかし、モジュールのサイズは必要分散補償量によらずに一定の大きさであることが望ましく、補償する分散量の絶対値が大きな場合でも小さなケースに多くの

分散補償光ファイバを巻き込む必要がある。

【0006】

モジュールの体積は、分散補償光ファイバの巻き込み体積に依存する。この巻き込み体積は、被覆を含む断面積と分散補償光ファイバの条長の積で表される。

そのため、モジュールを小型化するためには、分散補償光ファイバの細径化と共に、単位長さ当りの波長分散の絶対値を大きくすることも有効である。

これまでの分散補償光ファイバの開発は、伝送損失を劣化させない範囲で単位長さ当りの波長分散の絶対値を大きくし、光学特性、信頼性を劣化させないように、許容される範囲内で光ファイバの細径化を進めてきた。しかし、前述の公報、及び学会報告の技術ではさらにモジュールの小型化を進めるためには不十分であった。

本発明は、上述の課題を解決するためになされたもので、従来以上に小型の分散補償光ファイバモジュールを形成するために、必要分散補償量の大きな分散補償光ファイバを小型リールに巻き込むことが可能であり、かつ伝送損失は低く、小型モジュール用に小型リールに巻き込んでも損失増を引き起こさず、波長分散の絶対値が十分大きく、波長分散を補償したときに分散スロープを同時に補償することが可能である分散補償光ファイバ、及び分散補償光ファイバモジュールを提供することを目的とする。

【0007】

【課題を解決するための手段】

以上の課題を解決するために、請求項1記載の発明は、コアとその外周上に設けられたクラッドとからなり、該コアは少なくともクラッドの屈折率より大きい屈折率を有する中心コア部と、この中心コア部の外周に設けられクラッドの屈折率より小さい屈折率を有する中間コア部とを備え、クラッドに対する中心コア部の比屈折率差が $+1.6\%$ ～ $+2.6\%$ 、クラッドに対する中間コア部の比屈折率差が -0.30% ～ -1.4% であり、中心コア部半径に対する中間コア部半径の比が $1.5\sim 3.5$ であり、 $1.56\mu\text{m}\sim 1.63\mu\text{m}$ から選択された少なくとも1つ以上の波長において、曲げ直径 20mm で巻いたときの曲げ損失が $20\text{dB}/\text{m}$ 以下、波長分散が $-120\text{ps}/\text{nm}/\text{km}$ 以下であり、使用する

長さおよび使用する状態でのカットオフ波長が $1.53\text{ }\mu\text{m}$ 以下であり、クラッド外径が $60\text{ }\mu\text{m}\sim 125\text{ }\mu\text{m}$ 、被覆外径が $140\text{ }\mu\text{m}\sim 240\text{ }\mu\text{m}$ であることを特徴とする分散補償光ファイバである。

これにより、伝送損失が低く、小型リールに巻き込んでも損失増を引き起こさず、波長分散の絶対が大きい分散スロープ補償型分散補償光ファイバを実現することができる。

【0008】

請求項2記載の発明は、コアとその外周上に設けられたクラッドとからなり、該コアは少なくともクラッドの屈折率より大きい屈折率を有する中心コア部と、この中心コア部の外周に設けられクラッドの屈折率より小さい屈折率を有する中間コア部と、この中間コア部の外周に設けられクラッドの屈折率より大きい屈折率を有するリングコア部を備え、クラッドに対する中心コア部の比屈折率差が $+1.6\%\sim +2.6\%$ 、クラッドに対する中間コア部の比屈折率差が $-0.30\%\sim -1.4\%$ 、クラッドに対するリングコア部の比屈折率差が $+0.30\%\sim +1.0\%$ であり、中心コア部半径に対する中間コア部半径の比が $1.5\sim 3.5$ 、中間コア部半径に対するリングコア部半径の比が $1.2\sim 2.0$ であり、 $1.56\text{ }\mu\text{m}\sim 1.63\text{ }\mu\text{m}$ から選択された少なくとも1つ以上の波長において、曲げ直径 20 mm で巻いたときの曲げ損失が 20 dB/m 以下、波長分散が -120 ps/nm/km 以下であり、使用する長さおよび使用する状態でのカットオフ波長が $1.53\text{ }\mu\text{m}$ 以下であり、クラッド外径が $60\text{ }\mu\text{m}\sim 125\text{ }\mu\text{m}$ 、被覆外径が $140\text{ }\mu\text{m}\sim 240\text{ }\mu\text{m}$ であることを特徴とする分散補償光ファイバである。

これにより、伝送損失が低く、小型リールに巻き込んでも損失増を引き起こさず、波長分散の絶対が大きい分散スロープ補償型分散補償光ファイバを実現することができる。

【0009】

請求項3記載の発明は、請求項1又は2記載の分散補償光ファイバにおいて、前記クラッドの外周に設けられた1次被覆層のヤング率が 0.15 kgf/mm^2 以下であり、この1次被覆層の周上に設けられた2次被覆層のヤング率が 50 k

gf/mm^2 以上であることを特徴とする。

【0010】

請求項4記載の発明は、請求項1又は2記載の分散補償光ファイバにおいて、前記クラッドの外周に設けられた1次被覆層のヤング率が 0.10 kgf/mm^2 以下であり、この1次被覆層の周上に設けられた2次被覆層のヤング率が 150 kgf/mm^2 以上であることを特徴とする。

これにより、マイクロベンド特性の劣化を抑え、また光ファイバの強度も維持することができ、信頼性が高く、特に損失の劣化の少ない分散補償光ファイバモジュールを実現することができる。

【0011】

請求項5記載の発明は、請求項1から4のいずれかに記載の分散補償光ファイバにおいて、前記クラッドの外径が $80\mu\text{m}\sim 100\mu\text{m}$ であり、前記1次被覆層と前記2次被覆層とからなる被覆層の外径が $140\mu\text{m}\sim 200\mu\text{m}$ であることを特徴とする。

【0012】

請求項6記載の発明は、コアとその外周上に設けられたクラッドとからなり、該コアは少なくともクラッドの屈折率より大きい屈折率を有する中心コア部と、この中心コア部の外周に設けられクラッドの屈折率より小さい屈折率を有する中間コア部とを備え、クラッドに対する中心コア部の比屈折率差が $+1.8\%\sim +2.4\%$ 、クラッドに対する中間コア部の比屈折率差が $-0.35\%\sim -0.75\%$ であり、中心コア部半径に対する中間コア部半径の比が $2.0\sim 3.0$ であり、 $1.56\mu\text{m}\sim 1.63\mu\text{m}$ から選択された少なくとも1つ以上の波長において、曲げ直径 20 mm で巻いたときの曲げ損失が 20 dB/m 以下、波長分散が -140 ps/nm/km 以下であり、使用する長さおよび使用する状態でのカットオフ波長が $1.53\mu\text{m}$ 以下であり、クラッド外径が $80\mu\text{m}\sim 100\mu\text{m}$ 、被覆外径が $140\mu\text{m}\sim 240\mu\text{m}$ であることを特徴とする分散補償光ファイバである。

これにより、伝送損失が低く、小型リールに巻き込んでも損失増を引き起こさず、波長分散の絶対が大きい分散スロープ補償型分散補償光ファイバを実現するこ

とができる。

【0013】

請求項7記載の発明は、コアとその外周上に設けられたクラッドとからなり、該コアは少なくともクラッドの屈折率より大きい屈折率を有する中心コア部と、この中心コア部の外周に設けられクラッドの屈折率より小さい屈折率を有する中間コア部と、この中間コア部の外周に設けられクラッドの屈折率より大きい屈折率を有するリングコア部とを備え、クラッドに対する中心コア部の比屈折率差が $+1.8\% \sim +2.4\%$ 、クラッドに対する中間コア部の比屈折率差が $-0.35\% \sim -0.75\%$ 、クラッドに対するリングコア部の比屈折率差が $+0.3\% \sim +0.6\%$ であり、中心コア部半径に対する中間コア部半径の比が $2.0 \sim 3.0$ 、中間コア部半径に対するリングコア部半径の比が $1.3 \sim 1.7$ であり、 $1.56 \mu\text{m} \sim 1.63 \mu\text{m}$ から選択された少なくとも1つ以上の波長において、曲げ直径 20 mm で巻いたときの曲げ損失が 20 dB/m 以下、波長分散が -140 ps/nm/km 以下であり、使用する長さおよび使用する状態でのカットオフ波長が $1.53 \mu\text{m}$ 以下であり、クラッド外径が $80 \mu\text{m} \sim 100 \mu\text{m}$ 、被覆外径が $140 \mu\text{m} \sim 240 \mu\text{m}$ であることを特徴とする分散補償光ファイバである。

【0014】

請求項8記載の発明は、請求項1から7のいずれかに記載の分散補償光ファイバにおいて、偏波分散が $0.3 \text{ ps}/\sqrt{\text{km}}$ 以下であることを特徴とする。

請求項9記載の発明は、請求項1から7のいずれかに記載の分散補償光ファイバにおいて、偏波分散が $0.2 \text{ ps}/\sqrt{\text{km}}$ 以下であることを特徴とする。

請求項10記載の発明は、請求項1から9のいずれかに記載の分散補償光ファイバが 30 g から 50 g の間の巻き張力で最小胴径 80 mm 以下のリールに巻き込まれて形成されていることを特徴とする分散補償光ファイバモジュールである。

これにより、必要分散補償量が大きなモジュールであっても小型化が可能であり、高性能、高信頼性を維持した分散補償光ファイバモジュールを実現することができる。

【0015】

【発明の実施の形態】

以下、本発明を詳細に説明する。

図 1 (a)、(b)、(c) に、本発明の分散補償光ファイバの屈折率分布の一例を示す。

図 1 (a)、(b) において、符号 1 a は中心コア部、符号 1 b は中心コア部 1 a の外周上に設けられた中間コア部、符号 2 は中間コア部 1 b の外周に設けられたクラッドである。また、図 1 (c) において、符号 1 a は中心コア部、符号 1 b は中心コア部 1 a の外周上に設けられた中間コア部、符号 1 c は中間コア部 1 b の外周上に設けられたリングコア部、符号 2 はリングコア部 1 c の外周に設けられたクラッドである。

図 1 (a)、(b)、(c) 中、中心コア部 1 a の半径を a 、中間コア部 1 b の半径を b 、リングコア部 1 c の半径を c とし、クラッド 2 に対する中心コア部 1 a の比屈折率差を $\Delta 1$ 、クラッド 2 に対する中間コア部 1 b の比屈折率差を $\Delta 2$ 、クラッド 2 に対するリングコア部 1 c の比屈折率差を $\Delta 3$ としている。

中心コア部 1 a はクラッド 2 の屈折率より大きい屈折率を有し、中間コア部 1 b はクラッド 2 の屈折率より小さい屈折率を有し、リングコア部 1 c はクラッド 2 の屈折率より大きい屈折率を有する。

【0016】

本発明の分散補償光ファイバの第 1 の例は、図 1 (a)、(b) に示す W 型屈折率プロファイルにおいて、中心コア部半径に対する中間コア部半径の比 b/a を 1.5 ~ 3.5 とし、クラッド 2 に対する中心コア部 1 a の比屈折率差 $\Delta 1$ を +1.6% ~ +2.6%、クラッド 2 に対する中間コア部 1 b の比屈折率差 $\Delta 2$ を -0.30% ~ -1.4% として形成されている。

また、この例の分散補償光ファイバは、これらの構成に加えて以下のような特性値によって特定される。その特性値とは、 $1.53\ \mu\text{m}$ ~ $1.63\ \mu\text{m}$ から選択された少なくとも 1 つ以上の波長において、曲げ直径 20 mm で巻いたときの曲げ損失が 20 dB/m 以下、波長分散が $-120\ \text{ps/nm/km}$ 以下の範囲にあり、かつ使用する長さおよび使用する状態でのカットオフ波長が $1.53\ \mu\text{m}$ 以下となるようにすることである。

【0017】

この分散補償光ファイバの被覆層の構造を図2に示す。

図2中、符号1はコアであり、符号2はコア1の周囲に形成されたクラッドである。このクラッド2の外周に1次被覆層3が形成され、この1次被覆層3の外周に2次被覆層4が形成されている。1次被覆層3のヤング率は 0.15 kgf/mm^2 以下であることが好ましく、 0.10 kgf/mm^2 以下であることがより好ましい。また、2次被覆層4のヤング率は 50 kgf/mm^2 以上であることが好ましく、 150 kgf/mm^2 以上であることがより好ましい。

この分散補償光ファイバは、クラッド2の外径を $60 \mu\text{m} \sim 125 \mu\text{m}$ とし、1次被覆層3と2次被覆層4とからなる被覆外径を $140 \mu\text{m} \sim 240 \mu\text{m}$ とすることが好ましく、クラッド2の外径を $80 \mu\text{m} \sim 100 \mu\text{m}$ とし、被覆外径を $140 \mu\text{m} \sim 200 \mu\text{m}$ とすることがより好ましい。

【0018】

本発明の分散補償光ファイバの第2の例は、図1(a)、(b)に示すW型屈折率プロファイルにおいて、中心コア部半径に対する中間コア部半径の比 b/a を $2.0 \sim 3.0$ とし、クラッド2に対する中心コア部1aの比屈折率差 $\Delta 1$ を $+1.8\% \sim +2.4\%$ 、クラッド2に対する中間コア部1bの比屈折率差 $\Delta 2$ を $-0.35\% \sim -0.75\%$ として形成されている。

また、この例の分散補償光ファイバは、これらの構成に加えて以下のような特性値によって特定される。その特性値とは、 $1.53 \mu\text{m} \sim 1.63 \mu\text{m}$ から選択された少なくとも1つ以上の波長において、曲げ直径 20 mm で巻いたときの曲げ損失が 20 dB/m 以下、波長分散が -140 ps/nm/km 以下の範囲にあり、かつ使用する長さおよび使用する状態でのカットオフ波長が $1.53 \mu\text{m}$ 以下なるようにすることである。

この例においては、クラッド外径を $80 \mu\text{m} \sim 100 \mu\text{m}$ 、被覆層の外径を $140 \mu\text{m} \sim 200 \mu\text{m}$ とすることが好ましい。

【0019】

本発明の分散補償光ファイバの第3の例は、図1(c)に示すリング付きW型プロファイルにおいて、中心コア部半径に対する中間コア部半径の比 b/a を 1 。

5～3.5とし、中間コア部半径に対するリングコア部半径の比 c/b を1.2～2.0とし、クラッド2に対する中心コア部1aの比屈折率差 $\Delta 1$ を+1.6%～+2.6%、クラッド2に対する中間コア部1bの比屈折率差 $\Delta 2$ を-0.30%～-1.4%、クラッド2に対するリングコア部1cの比屈折率差 $\Delta 3$ を+0.30%～+1.0%として形成されている。

また、この例の分散補償光ファイバは、これらの構成に加えて以下のような特性値によって特定される。その特性値とは、 $1.53\mu\text{m}$ ～ $1.63\mu\text{m}$ から選択された少なくとも1つ以上の波長において、曲げ直径20mmで巻いたときの曲げ損失が20dB/m以下、波長分散が -120ps/nm/km 以下の範囲にあり、かつ使用する長さおよび使用する状態でのカットオフ波長が $1.53\mu\text{m}$ 以下となるようにすることである。

【0020】

本発明の分散補償光ファイバの第4の例は、図1(c)に示すリング付きW型プロファイルにおいて、中心コア部半径に対する中間コア部半径の比 b/a を2.0～3.0とし、中間コア部半径に対するリングコア部半径の比 c/b を1.3～1.7とし、クラッド2に対する中心コア部1aの比屈折率差 $\Delta 1$ を+1.8%～+2.4%、クラッド2に対する中間コア部1bの比屈折率差 $\Delta 2$ を-0.35%～-0.75%、クラッド2に対するリングコア部1cの比屈折率差 $\Delta 3$ を+0.3%～+0.6%として形成されている。

また、この例の分散補償光ファイバは、これらの構成に加えて以下のような特性値によって特定される。その特性値とは、 $1.53\mu\text{m}$ ～ $1.63\mu\text{m}$ から選択された少なくとも1つ以上の波長において、曲げ直径20mmで巻いたときの曲げ損失が20dB/m以下、波長分散が -120ps/nm/km 以下の範囲にあり、かつ使用する長さおよび使用する状態でのカットオフ波長が $1.53\mu\text{m}$ 以下となるようにすることである。

【0021】

偏波分散については、上述した第1から第4のいずれの例においても、 $0.3\text{ps}/\sqrt{\text{km}}$ 以下とすることが好ましく、 $0.2\text{ps}/\sqrt{\text{km}}$ 以下とすることがより好ましい。

本発明の分散補償光ファイバモジュールは、上述した分散補償光ファイバが30

gから50gの間の巻き張力で最小胴径80mm以下のリールに巻き込まれて形成されている。

【0022】

この例の分散補償光ファイバによると、クラッド2に対する中心コア部1aの比屈折率差が+1.6%~+2.6%、クラッド2に対する中間コア部1bの比屈折率差が-0.30%~-1.4%であり、中心コア部半径に対する中間コア部半径の比が1.5~3.5であり、 $1.56\mu\text{m}$ ~ $1.63\mu\text{m}$ から選択された少なくとも1つ以上の波長において、曲げ直径20mmで巻いたときの曲げ損失が20dB/m以下、波長分散が -120ps/nm/km 以下であり、使用する長さおよび使用する状態でのカットオフ波長が $1.53\mu\text{m}$ 以下であり、クラッド外径が $60\mu\text{m}$ ~ $125\mu\text{m}$ 、被覆外径が $140\mu\text{m}$ ~ $240\mu\text{m}$ である分散補償光ファイバを作製することにより、伝送損失が低く、小型リールに巻き込んでも損失増を引き起こさず、波長分散の絶対が大きい分散スロープ補償型分散補償光ファイバを実現することができる。

【0023】

以上の効果は、クラッド2に対する中心コア部1aの比屈折率差が+1.6%~+2.6%、クラッド2に対する中間コア部1bの比屈折率差が-0.30%~-1.4%、クラッド2に対するリングコア部1cの比屈折率差が+0.30%~+1.0%であり、中心コア部半径に対する中間コア部半径の比が1.5~3.5、中間コア部半径に対するリングコア部半径の比が1.2~2.0であり、 $1.56\mu\text{m}$ ~ $1.63\mu\text{m}$ から選択された少なくとも1つ以上の波長において、曲げ直径20mmで巻いたときの曲げ損失が20dB/m以下、波長分散が -120ps/nm/km 以下であり、使用する長さおよび使用する状態でのカットオフ波長が $1.53\mu\text{m}$ 以下であり、クラッド外径が $60\mu\text{m}$ ~ $125\mu\text{m}$ 、被覆外径が $140\mu\text{m}$ ~ $240\mu\text{m}$ である分散補償光ファイバを作製することにより実現することができる。

【0024】

また、クラッド2に対する中心コア部1aの比屈折率差が+1.8%~+2.4%、クラッド2に対する中間コア部1bの比屈折率差が-0.35%~-0.7

5%であり、中心コア部半径に対する中間コア部半径の比が2.0～3.0であり、 $1.56\mu\text{m}\sim 1.63\mu\text{m}$ から選択された少なくとも1つ以上の波長において、曲げ直径20mmに巻いたときの曲げ損失が20dB/m以下、波長分散が $-140\text{ps}/\text{nm}/\text{km}$ 以下であり、使用する長さおよび使用する状態でのカットオフ波長が $1.53\mu\text{m}$ 以下であり、クラッド外径が $80\mu\text{m}\sim 100\mu\text{m}$ 、被覆外径が $140\mu\text{m}\sim 240\mu\text{m}$ である分散補償光ファイバを作製することによっても実現することができる。

【0025】

また、クラッド2に対する中心コア部1aの比屈折率差が+1.8%～+2.4%、クラッド2に対する中間コア部1bの比屈折率差が-0.35%～-0.75%、クラッド2に対するリングコア部1cの比屈折率差が+0.3%～+0.6%であり、中心コア部半径に対する中間コア部半径の比が2.0～3.0、中間コア部半径に対するリングコア部半径の比が1.3～1.7であり、 $1.56\mu\text{m}\sim 1.63\mu\text{m}$ から選択された少なくとも1つ以上の波長において、曲げ直径20mmで巻いたときの曲げ損失が20dB/m以下、波長分散が $-140\text{ps}/\text{nm}/\text{km}$ 以下であり、使用する長さおよび使用する状態でのカットオフ波長が $1.53\mu\text{m}$ 以下であり、クラッド外径が $80\mu\text{m}\sim 100\mu\text{m}$ 、被覆外径が $140\mu\text{m}\sim 240\mu\text{m}$ である分散補償光ファイバを作製することによっても実現することができる。

【0026】

また、上述の分散補償光ファイバを30gから50gの間の巻き張力で最小胴径80mm以下のリールに巻き込んで分散補償光ファイバモジュールを形成することにより、必要分散補償量が大きなモジュールであっても小型化が可能であり、高性能、高信頼性を維持した分散補償光ファイバモジュールを実現することができる。

【0027】

以下、具体例を示す。

(実施例1)

VAD法、MCVD法、PCVD法などの公知の方法により、図1(b)のようなW型プロ

ファイルの分散補償光ファイバを3種類作製した。このときの $\Delta 1$ 、 $\Delta 2$ 、 b/a は表1(a)に示す値となるように製造した。

【0028】

【表1】

No	$\Delta 1$ (%)	$\Delta 2$ (%)	b/a	コア 半径 (μm)	クラッド 外径 (μm)	一次被覆 外径 (μm)	一次被覆 のヤング率 (kgf/mm^2)	二次被覆 外径 (μm)	二次被覆 のヤング率 (kgf/mm^2)
A	2.6	-1.4	2.0	4.4	125	190	0.09	240	61
B	2.2	-0.7	2.5	5.6	100	130	0.06	160	55
C	2.0	-0.4	3.0	6.7	80	110	0.10	140	64

(a)

【0029】

No	波長 (μm)	伝送 損失 (dB/km)	波長 分散 ($\text{ps}/\text{nm}/\text{km}$)	分散 λD^{-2} ($\text{ps}/\text{nm}^2/\text{km}$)	偏波分散 ($\text{ps}/\sqrt{\text{km}}$) (1.55 μm 帯)	性能指数 ($\text{ps}/\text{nm}/\text{dB}$)	曲げ損失 (dB/m) $2R=20\text{mm}$
A	1.55	0.65	-214	-0.59	0.22	329	1.0
B	1.55	0.50	-160	-0.39	0.10	320	11.6
C	1.55	0.42	-123	-0.21	0.08	293	19.7

(b)

これらの分散補償光ファイバの光学特性を表1 (b) に示す。

これらの分散補償光ファイバは、 $\Delta 1$ 、 $\Delta 2$ 、 b/a 、コア半径を表1 (a) に示す値とすることによって、光ファイバ単位長さ当りの波長分散の絶対値を大きくし、曲げ損失を小さくすることができた。また、外径 $60\mu\text{m}\sim 125\mu\text{m}$ のクラッドの外周に、ヤング率が 0.15kgf/mm^2 以下の1次被覆層と、ヤング率が 50kgf/mm^2 以上の2次被覆層を形成した。

この分散補償光ファイバの被覆外径は $140\mu\text{m}\sim 240\mu\text{m}$ と細いので、小型モジュール化が可能である。また、これらの分散補償光ファイバを 40g の巻き張力で胴径 80mm の小型リールに巻き込み、その両端にコネクタ付き $1.3\mu\text{m}$ 帯零分散シングルモード光ファイバを接続してモジュール化したときの分散補償光ファイバモジュールの特性を表2 に示す。

【0030】

【表2】

No	波長 (μm)	モジュール 損失 (dB)	モジュール 分散 (ps/nm)	モジュール 分散20-7° (ps/nm ²)	PMD (1.55 μm 帯) (ps)
モジュールA	1.55	7.0	-1650	-4.5	0.6
モジュールB	1.55	6.9	-1700	-4.1	0.3
モジュールC	1.55	6.5	-1720	-2.9	0.3

【0031】

(実施例2)

VAD法、MCVD法、PCVD法などの公知の方法により、図1 (b) のようなW型プロファイルの分散補償光ファイバを3種類作製した。このときの $\Delta 1$ 、 $\Delta 2$ 、 b/a は表3 (a) に示す値となるように製造した。

【0032】

【表 3】

No	$\Delta 1$ (%)	$\Delta 2$ (%)	b/a	コア 半径 (μm)	クラッド 外径 (μm)	一次被覆 外径 (μm)	一次被覆層 のヤング率 (kgf/mm ²)	二次被覆 外径 (μm)	二次被覆層 のヤング率 (kgf/mm ²)
D	2.2	-1.3	2.0	4.8	100	160	0.09	200	61
E	2.2	-0.7	2.5	5.7	100	130	0.01	160	64
F	2.2	-0.4	3.0	6.3	80	110	0.10	140	64

(a)

No	波長 (μm)	伝送 損失 (dB/km)	波長 分散 (ps/nm/km)	分散 $20-\beta$ (ps/nm ² /km)	偏波分散 (ps/ $\sqrt{\text{km}}$) (1.55 μm 帯)	性能指数 (ps/nm/dB)	曲げ損失 (dB/m) 2R=20mm
D	1.55	0.60	-186	-0.67	0.12	310	10.0
E	1.55	0.50	-147	-0.35	0.08	294	3.3
F	1.55	0.42	-134	-0.17	0.08	319	9.4

(b)

【0033】

これらの分散補償光ファイバの光学特性を表 3 (b) に示す。

これらの分散補償光ファイバは、 $\Delta 1$ 、 $\Delta 2$ 、b/a、コア半径を表 3 (a) に示す値とすることによって、光ファイバ単位長さ当りの波長分散の絶対値を大き

くし、曲げ損失を小さくすることができた。また、外径 $80\mu\text{m}\sim 100\mu\text{m}$ のクラッドの外周に、ヤング率が $0.15\text{kgf}/\text{mm}^2$ 以下の1次被覆層と、ヤング率が $50\text{kgf}/\text{mm}^2$ 以上の2次被覆層を形成した。

この分散補償光ファイバの被覆外径は $140\mu\text{m}\sim 200\mu\text{m}$ と細いので、小型モジュール化が可能である。また、これらの分散補償光ファイバを 40g の巻き張力で胴径 80mm の小型リールに巻き込み、その両端にコネクタ付き $1.3\mu\text{m}$ 帯零分散シングルモード光ファイバを接続してモジュール化したときの分散補償光ファイバモジュールの特性を表4に示す。

【0034】

【表4】

No	波長 (μm)	モジュール 損失 (dB)	モジュール 分散 (ps/nm)	モジュール 分散 λD - P (ps/nm ²)	PMD ($1.55\mu\text{m}$ 帯) (ps)
モジュールD	1.55	7.0	-1690	-6.1	0.4
モジュールE	1.55	6.8	-1703	-4.1	0.3
モジュールF	1.55	6.2	-1700	-2.2	0.3

【0035】

(実施例3)

VAD法、MCVD法、PCVD法などの公知の方法により、図1(b)のようなW型プロファイルの分散補償光ファイバを3種類作製した。この分散補償光ファイバは、L-バンド帯で分散補償するために $1.63\mu\text{m}$ においても曲げ損失が小さくなるように設計して作製したものである。このときの $\Delta 1$ 、 $\Delta 2$ 、 b/a は表5(a)に示す値となるように製造した。

【0036】

【表 5】

No	$\Delta 1$ (%)	$\Delta 2$ (%)	b/a	コア 半径 (μm)	クラッド 外径 (μm)	一次被覆 外径 (μm)	一次被覆層 のヤング率 (kgf/mm ²)	二次被覆 外径 (μm)	二次被覆層 のヤング率 (kgf/mm ²)
G	2.4	-1.3	2.0	4.7	100	160	0.09	200	61
H	2.2	-0.7	2.5	5.5	100	130	0.06	160	55
I	2.2	-0.4	3.0	6.2	80	110	0.10	140	64

(a)

No	波長 (μm)	伝送 損失 (dB/km)	波長 分散 (ps/nm/km)	分散 10^{-7}° (ps/nm ² /km)	偏波分散 (ps/ $\sqrt{\text{km}}$) (1.55 μm 帯)	性能指数 (ps/nm/dB)	曲げ損失 (dB/m) 2R=20mm
G	1.59	0.60	-187	-0.51	0.12	312	3.2
H	1.59	0.50	-150	-0.28	0.10	300	1.1
I	1.59	0.42	-130	-0.12	0.10	310	1.2

(b)

【0037】

これらの分散補償光ファイバの光学特性を表5 (b) に示す。

これらの分散補償光ファイバは、 $\Delta 1$ 、 $\Delta 2$ 、b/a、コア半径を表5 (a) に示す値とすることによって、光ファイバ単位長さ当りの波長分散の絶対値を大き

くし、曲げ損失を小さくすることができた。また、外径 $80\mu\text{m} \sim 100\mu\text{m}$ のクラッドの外周に、ヤング率が 0.15kgf/mm^2 以下の 1 次被覆層と、ヤング率が 50kgf/mm^2 以上の 2 次被覆層を形成した。

この分散補償光ファイバの被覆外径は $140\mu\text{m} \sim 200\mu\text{m}$ と細いので、小型モジュール化が可能である。また、これらの分散補償光ファイバを 40g の巻き張力で胴径 80mm の小型リールに巻き込み、その両端にコネクタ付き $1.3\mu\text{m}$ 帯零分散シングルモード光ファイバを接続してモジュール化したときの分散補償光ファイバモジュールの特性を表 6 に示す。

【0038】

【表 6】

No	波長 (μm)	モジュール 損失 (dB)	モジュール 分散 (ps/nm)	モジュール 分散補償 (ps/nm ²)	PMD (1.55 μm 帯) (ps)
モジュール G	1.59	7.0	-2000	-5.5	0.4
モジュール H	1.59	6.9	-2010	-3.8	0.3
モジュール I	1.59	6.5	-1980	-1.8	0.3

【0039】

(実施例 4)

VAD 法、MCVD 法、PCVD 法などの公知の方法により、図 1 (c) のようなリング付き W 型プロファイルの分散補償光ファイバを 2 種類作製した。このときの $\Delta 1$ 、 $\Delta 2$ 、 $\Delta 3$ 、 b/a 、 c/b は表 7 (a) に示す値となるように製造した。

【0040】

【表 7】

(a)

No	$\Delta 1$ (%)	$\Delta 2$ (%)	$\Delta 3$ (%)	b/a	c/b	コア 半径 (μm)	クラッド 外径 (μm)	一次被覆 外径 (μm)	一次被覆 のヤング率 (kgf/mm^2)	二次被覆 外径 (μm)	二次被覆 のヤング率 (kgf/mm^2)
J	2.0	-0.43	0.36	2.7	1.5	6.4	80	125	0.09	165	61
K	2.0	-0.72	0.36	2.7	1.5	6.4	80	125	0.01	165	64

(b)

No	波長 (μm)	伝送 損失 (dB/km)	波長 分散 ($\text{ps}/\text{nm}/\text{km}$)	分散 λD - λ^2 ($\text{ps}/\text{nm}^2/\text{km}$)	偏波分散 ($\text{ps}/\sqrt{\text{km}}$) (1.55 μm 帯)	性能指数 ($\text{ps}/\text{nm}/\text{dB}$)	曲げ損失 (dB/m) 2R=20mm
J	1.55	0.45	-110	-0.26	0.08	244	1.0
K	1.55	0.52	-148	-1.00	0.08	285	0.2

【0041】

これらの分散補償光ファイバの光学特性を表 7 (b) に示す。

これらの分散補償光ファイバは、 $\Delta 1$ 、 $\Delta 2$ 、 $\Delta 3$ 、 b/a 、 c/b 、コア半径を表 7 (a) に示す値とすることによって、光ファイバ単位長さ当りの波長分散の絶対値を大きくし、曲げ損失を小さくすることができた。また、外径 $80\mu\text{m} \sim 100\mu\text{m}$ のクラッドの外周に、ヤング率が 0.15kgf/mm^2 以下の 1 次被覆層と、ヤング率が 50kgf/mm^2 以上の 2 次被覆層を形成した。

この分散補償光ファイバの被覆外径は $140\mu\text{m} \sim 200\mu\text{m}$ と細いので、小型モジュール化が可能である。また、これらの分散補償光ファイバを 40g の巻き張力で胴径 80mm の小型リールに巻き込み、その両端にコネクタ付き $1.3\mu\text{m}$ 帯零分散シングルモード光ファイバを接続してモジュール化したときの分散補償光ファイバモジュールの特性を表 8 に示す。

【0042】

【表 8】

No	波長 (μm)	ファイバ 損失 (dB)	ファイバ 分散 (ps/nm)	ファイバ 分散 λ^2 - λ^3 (ps/nm 2)	PMD (1.55 μm 帯) (ps)
ファイバJ	1.55	8.0	-1710	-4.0	0.7
ファイバK	1.55	6.8	-1703	-11.5	0.6

【0043】

【発明の効果】

以上説明したように、本発明によると、クラッドに対する中心コア部の比屈折率差が $+1.6\% \sim +2.6\%$ 、クラッドに対する中間コア部の比屈折率差が $-0.30\% \sim -1.4\%$ であり、中心コア部半径に対する中間コア部半径の比が $1.5 \sim 3.5$ であり、 $1.56\mu\text{m} \sim 1.63\mu\text{m}$ から選択された少なくとも 1 つ以上の波長において、曲げ直径 20mm で巻いたときの曲げ損失が 20dB/m 以下、波長分散が -120ps/nm/km 以下であり、使用する長さおよび使用する状態でのカットオフ波長が $1.53\mu\text{m}$ 以下であり、クラッド外径が $60\mu\text{m} \sim 125\mu\text{m}$ 、被覆外径が $140\mu\text{m} \sim 240\mu\text{m}$ である分散補償光ファイバを作製することにより、伝送損失が低く、小型リールに巻き込んでも損失増

を引き起こさず、波長分散の絶対が大きい分散スロープ補償型分散補償光ファイバを実現することができる。

【0044】

以上の効果は、クラッドに対する中心コア部の比屈折率差が $+1.6\% \sim +2.6\%$ 、クラッドに対する中間コア部の比屈折率差が $-0.30\% \sim -1.4\%$ 、クラッドに対するリングコア部の比屈折率差が $+0.30\% \sim +1.0\%$ であり、中心コア部半径に対する中間コア部半径の比が $1.5 \sim 3.5$ 、中間コア部半径に対するリングコア部半径の比が $1.2 \sim 2.0$ であり、 $1.56 \mu\text{m} \sim 1.63 \mu\text{m}$ から選択された少なくとも1つ以上の波長において、曲げ直径 20 mm で巻いたときの曲げ損失が 20 dB/m 以下、波長分散が -120 ps/nm/km 以下であり、使用する長さおよび使用する状態でのカットオフ波長が $1.53 \mu\text{m}$ 以下であり、クラッド外径が $60 \mu\text{m} \sim 125 \mu\text{m}$ 、被覆外径が $140 \mu\text{m} \sim 240 \mu\text{m}$ である分散補償光ファイバを作製することにより実現することができる。

【0045】

また、クラッドに対する中心コア部の比屈折率差が $+1.8\% \sim +2.4\%$ 、クラッドに対する中間コア部の比屈折率差が $-0.35\% \sim -0.75\%$ であり、中心コア部半径に対する中間コア部半径の比が $2.0 \sim 3.0$ であり、 $1.56 \mu\text{m} \sim 1.63 \mu\text{m}$ から選択された少なくとも1つ以上の波長において、曲げ直径 20 mm に巻いたときの曲げ損失が 20 dB/m 以下、波長分散が -140 ps/nm/km 以下であり、使用する長さおよび使用する状態でのカットオフ波長が $1.53 \mu\text{m}$ 以下であり、クラッド外径が $80 \mu\text{m} \sim 100 \mu\text{m}$ 、被覆外径が $140 \mu\text{m} \sim 240 \mu\text{m}$ である分散補償光ファイバを作製することによっても実現することができる。

【0046】

また、クラッドに対する中心コア部の比屈折率差が $+1.8\% \sim +2.4\%$ 、クラッドに対する中間コア部の比屈折率差が $-0.35\% \sim -0.75\%$ 、クラッドに対するリングコア部の比屈折率差が $+0.3\% \sim +0.6\%$ であり、中心コア部半径に対する中間コア部半径の比が $2.0 \sim 3.0$ 、中間コア部半径に対す

るリングコア部半径の比が $1.3 \sim 1.7$ であり、 $1.56 \mu\text{m} \sim 1.63 \mu\text{m}$ から選択された少なくとも1つ以上の波長において、曲げ直径 20 mm で巻いたときの曲げ損失が 20 dB/m 以下、波長分散が -140 ps/nm/km 以下であり、使用する長さおよび使用する状態でのカットオフ波長が $1.53 \mu\text{m}$ 以下であり、クラッド外径が $80 \mu\text{m} \sim 100 \mu\text{m}$ 、被覆外径が $140 \mu\text{m} \sim 240 \mu\text{m}$ である分散補償光ファイバを作製することによっても実現することができる。

【0047】

また、クラッドの外周に設けられた1次被覆層のヤング率を 0.10 kgf/mm^2 以下とし、この1次被覆層の周上に設けられた2次被覆層のヤング率を 150 kgf/mm^2 以上とすることにより、マイクロバンド特性の劣化を抑え、また光ファイバの強度も維持することができ、信頼性が高く、特に損失の劣化の少ない分散補償光ファイバモジュールを実現することができる。

また、上述の分散補償光ファイバを 30 g から 50 g の間の巻き張力で最小胴径 80 mm 以下のリールに巻き込んで分散補償光ファイバモジュールを形成することにより、必要分散補償量が大きなモジュールであっても小型化が可能であり、高性能、高信頼性を維持した分散補償光ファイバモジュールを実現することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の分散補償光ファイバの屈折率分布の一例を示す。

【図2】 本発明の分散補償光ファイバの被覆層の構造を示す図である。

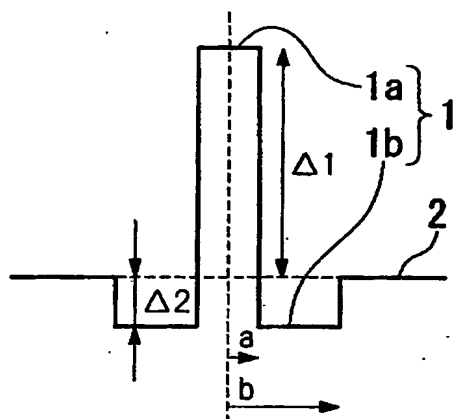
【符号の説明】

1…コア、1a…中心コア部、1b…中間コア部、1c…リングコア部、2…クラッド、3…1次被覆層、4…2次被覆層。

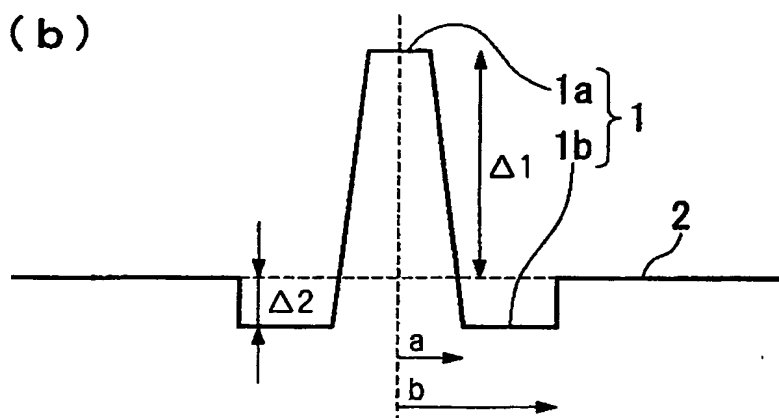
【書類名】 図面

【図 1】

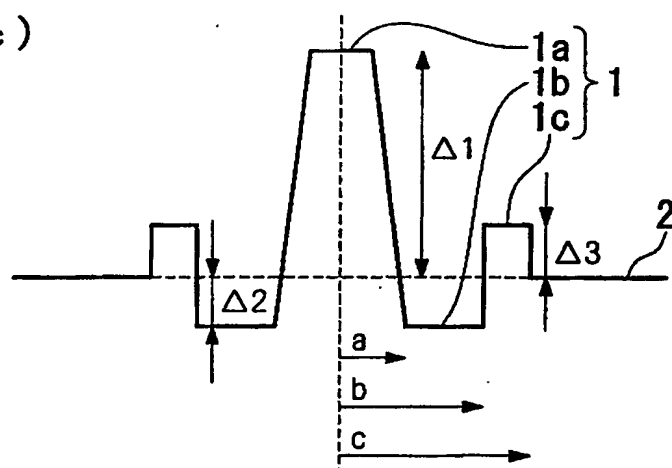
(a)



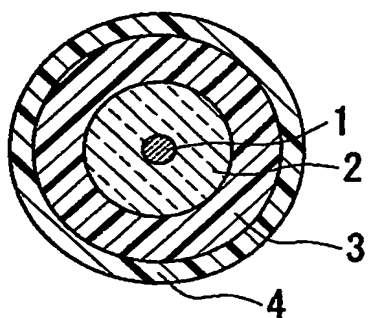
(b)



(c)



【図 2】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 小型のリールに巻き込んでも、伝送損失が低く、損失増を引き起こさず、波長分散の絶対値が大きい分散スロープ補償型分散補償光ファイバ、及び分散補償光ファイバモジュールを提供する。

【解決手段】 中心コア部半径に対する中間コア部半径の比 b/a を 1.5～3.5 とし、クラッド 2 に対する中心コア部 1 a の比屈折率差 $\Delta 1$ を +1.6%～+2.6%、クラッド 2 に対する中間コア部 1 b の比屈折率差 $\Delta 2$ を -0.30%～-1.4% とし、 $1.56\mu\text{m}$ ～ $1.63\mu\text{m}$ から選択された少なくとも 1 つ以上の波長において、曲げ直径 20 mm で巻いたときの曲げ損失が 20 dB/m 以下、波長分散が -120 ps/nm/km 以下であり、使用する長さおよび使用する状態でのカットオフ波長が $1.53\mu\text{m}$ 以下となるようにして分散補償光ファイバを形成する。

【選択図】 図 1

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000005186]

1. 変更年月日	1992年10月 2日
[変更理由]	名称変更
住 所	東京都江東区木場1丁目5番1号
氏 名	株式会社フジクラ